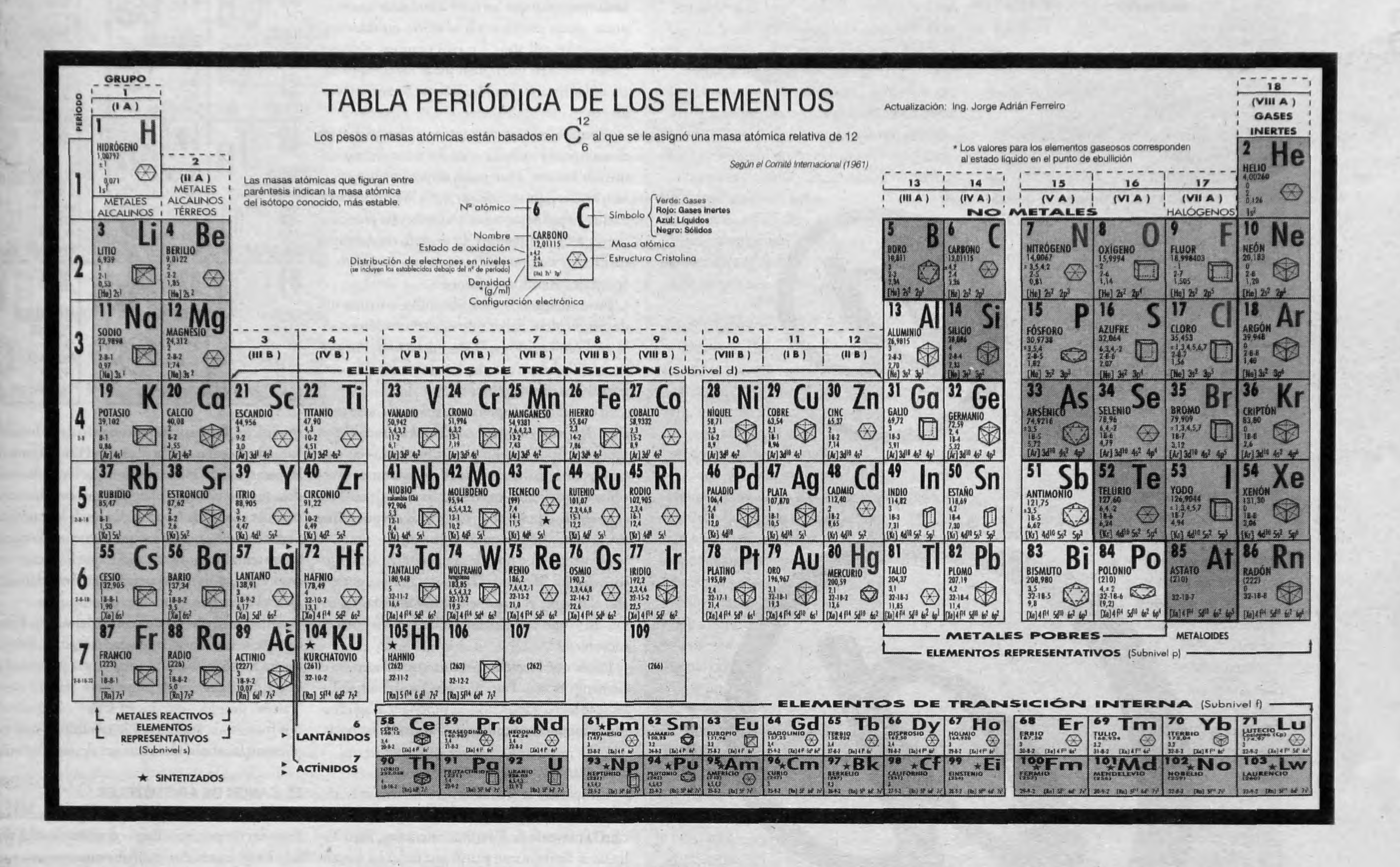


Elementos

La Física fuerza y expande los límites de la Tabla Periódica y agrega nuevos elementos más allá del uranio. En esta entrega de *Futuro*, el filósofo argentino Pablo Capanna reconstruye la historia de los elementos desde el agua primitiva de Tales de Mileto, el ascenso y la caída de los cuatro elementos de Aristóteles hasta la Tabla Periódica de Mendeleiev.

POR PABLO CAPANNA

A dos años de terminar el siglo, en el Instituto de Investigación Nuclear de Dubna (Rusia) se logró sintetizar el elemento número 114. A pesar de que su vida media es muy breve, el hecho ha regocijado a los físicos, porque parece indicar que se ha alcanzado una *isla de estabilidad* en la secuencia de los elementos transuránicos.

Recordemos que todos los elementos que vienen sintetizándose desde los años cincuenta son sumamente inestables y sólo dos –el plutonio y el neptunio– existen en la naturaleza. Pero la tabla periódica sigue abierta y el zoológico de elementos sigue creciendo casi tanto como el de partículas.

Cerramos el siglo XX con 114 elementos y la posibilidad de encontrar más. Hace dos mil setecientos años, sólo teníamos uno, el agua, que desgraciadamente no es un elemento. Lo postuló Tales de Mileto, más conocido por un teorema que le pertenece; el primero de los físicos y de los filósofos.

La arrob@ es algo viejo

POR JUAN PABLO BERMUDEZ

Puede que, de alguna forma, sea un nuevo (y duro) golpe para quienes están convencidos de estar viviendo la historia del futuro, pero parece que es así: el símbolo arroba (@) que se utiliza en Internet y, principalmente, en el correo electrónico, es de origen italiano y los primeros en usarlo fueron los mercaderes venecianos del siglo XVI para representar la abreviación de una unidad de peso y capacidad, llamada *ánfora*.

El descubrimiento (de que algo nuevo es en realidad algo muy viejo) fue hecho por un profesor de historia de la Universidad La Sapienza, Roma, durante un trabajo de investigación para el Instituto Treccani. El historiador Giorgio Stabile sustenta su teoría –además de haber encontrado el símbolo en antiguos documentos– en el hecho de que la denominación utilizada en español, *arroba*, significa, en árabe, "un cuarto", es decir la misma medida que la antigua ánfora utilizada para el comercio de los venecianos en Medio Oriente. Mucho tiempo antes de la aparición de las computadoras.

FIJACION DE DOMICILIO

En la era informática, la arroba se utiliza esencialmente para las direcciones de correo electrónico y, según la gran mayoría de glosarios y diccionarios de términos informáticos e Internet que existen, significa *en*. Es decir, el nombre del usuario *en* el servidor en el que se lo encuentra (por ejemplo **futuro@pagina12.com.ar**, es decir este suplemento en el servidor del diario **Página/12**; el .com significa *comercial* y .ar, obvio, Argentina).

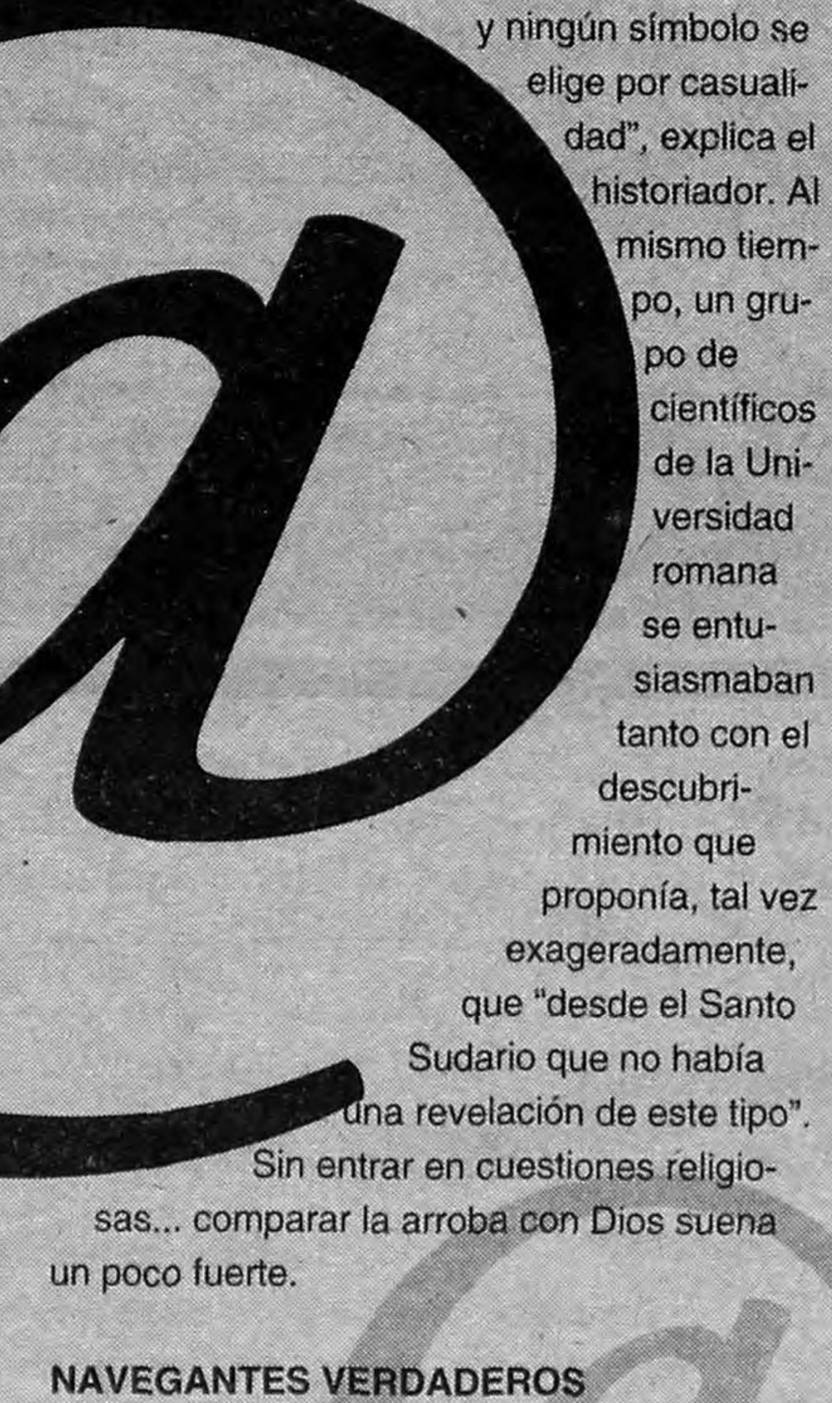
Sin embargo, en los albores de la revolución informática no cumplía esa función. La @, que ya no se llama más *ánfora*, a principios del siglo XX era conocida como la "A comercial" y precisamente en esa época comenzó a aparecer en los teclados de los primeros modelos de máquinas de escribir. Fue el ingeniero estadounidense Ray Tomlinson quien al encontrar la "A comercial" en el teclado de su computadora la utilizó para separar el nombre de la dirección en el primer mensaje de correo electrónico que había inventado él mismo.

La elección de Tomlinson recayó sobre la arroba porque necesitaba un carácter del teclado que tuviera sólo una función y por lo tanto era mejor elegir uno de los menos utilizados. Una explicación que no convence al profesor Stabile, quien sostiene que "en el mundo de los símbolos nada sucede por casualidad". Aunque no da muchas precisiones sobre su enigmático comentario.

CASI COMO EL SANTO SUDARIO

La fotografía de la arroba descubierta por el profesor Stabile en un documento que data de 1536, y después en otros escritos mercantiles venecianos, fue publicada semanas atrás en la primera página del diario romano *La Repubblica*. Inmediatamente generó decenas de comentarios de asombro y hasta alguna opinión tragicómica, como la del sociólogo Andrea Di Benedetto, que sostuvo que "ahora que se supo que se trata de un símbolo antiguo, habría que buscar alguno más relacionado con el futuro".

Puede que a Di Benedetto, el hallazgo del origen de la arroba –los italianos la llaman, por su forma, *chiocciola*, es decir caracol–, le haya parecido una insolencia histórica. El símbolo por antonomasia de la comunicación virtual, la esencia misma de Internet, la representación deese mundo futuro que ya está entre nosotros tiene cinco siglos de vida. No es para confiar mucho en la inventiva de ese mismo futuro.



Giorgio Stabile, por el contrario, no sólo no se sorprendió demasiado, sino que además tiene lista una supuesta respuesta de cómo la arroba llegó, de una u otra manera, hasta nuestros días, aunque a decir verdad tampoco aporta demasiado: "ningún símbolo nace de la nada y ningún símbolo se elige por casualidad", explica el historiador. Al mismo tiempo, un grupo de científicos de la Universidad romana se entusiasmaban tanto con el descubrimiento que proponía, tal vez exageradamente, que "desde el Santo Sudario que no había una revelación de este tipo". Sin entrar en cuestiones religiosas... comparar la arroba con Dios suena un poco fuerte.

NAVEGANTES VERDADEROS

De todos modos, fiel a su profesión, Stabile propone una revisión histórica. "La arroba tiene un origen italiano vinculado al comercio y a la navegación verdadera, aquella que se hacía con veleros que no tenían nada de virtual y que viajaban cargados de mercaderías exóticas. La arroba es el símbolo de la pericia de los marineros, las batallas contra el mar, el mundo de la navegación, cuando navegar era un desafío".

El mismo profesor destaca que se utilizaba por ejemplo en los registros mercantiles de las naves de carga que atracaban en las costas árabes y españolas. Otra sociedad de navegantes, los ingleses, habían abreviado el difundido símbolo en *at* (ese es el significado que le dan al día de hoy) para indicar el precio: *at a price of* y desde entonces figura en el alfabeto comercial británico.

El hallazgo de Stabile demuestra una vez que falta mucho por saber. Y a los fascinados por las computadoras en tanto símbolo del futuro, a no deprimirse si el día de mañana se descubre que, en realidad, el chat fue un recurso concebido por los faraones egipcios.

Elementos



13 Al ALUMINIO 26,9815 3 2-8-3 2,70 [Ne] $3s^2$ $3p^1$	14 Si SILICIO 28,086 4 2-8-4 2,33 [Ne] $3s^2$ $3p^2$	15 FÓSFORO 30,9738 ±3,5,4 2-8-5 1,82 [Ne] $3s^2$ 3
31 Ga GALIO 69,72 3 18-3 5,91 [Ar] $3d^{10}$ $4s^2$ $4p^1$	32 Ge GERMANIO 72,59 2,4 18-4 5,32 [Ar] $3d^{10}$ $4s^2$ $4p^2$	33 ARSÉNICO 74,9216 ±3,5 18-5 5,72 [Ar] $3d^{10}$ 4s
49 In INDIO 114,82 3 18-3 7,31 [Kr] $4d^{10}$ $5s^2$ $5p^1$	50 Sn ESTAÑO 118,69 4,2 18-4 7,30 [Kr] $4d^{10}$ $5s^2$ $5p^2$	51 ANTIMONI 121,75 ±3,5 18-5 6,62 [Kr] $4d^{10}$ $5s^2$
81 Tl TALIO 204,37 3,1 32-18-3 11,85 [Xe] $4f^{14}$ $5d^{10}$ $6s^2$ $6p^1$	82 Pb PLOMO 207,19 4,2 32-18-4 11,4 [Xe] $4f^{14}$ $5d^{10}$ $6s^2$ $6p^2$	83 BISMUTO 208,980 3,5 32-18-5 9,8 [Xe] $4f^{14}$ $5d^{10}$

LA CONVERTIBILIDAD DE HERACLITO

No es fácil explicar cómo surgió entre los griegos la reflexión racional sobre la naturaleza, un audaz proyecto que los llevó a formular una temprana teoría atómica y una teoría química que duraría dos mil años. En esos tiempos, chinos e indios también teorizaban sobre los componentes de la materia, pero los griegos fueron más lejos.

¿Por qué habrían de empeñarse los griegos en descomponer todas las cosas en uno o varios elementos básicos? Quien nos ofrece una pista es el historiador de la tecnología Lynn White. Recuerda que las primeras monedas conocidas se encontraron en los cimientos del templo de Artemisa de Efeso. Fue unos 600 años antes de Cristo, la época de los primeros filósofos.

En su tiempo, la moneda como instrumento de cambio debe haber sido una revolución no sólo económica sino también intelectual. Por primera vez había un común denominador que compartían los distintos bienes.

Si con el oro y la plata podían comprarse toda clase de cosas, y su valor comenzaba a medirse en monedas, ¿por qué no pensar que todas las sustancias de la naturaleza pueden resultar convertibles entre sí? Sólo quedaba por discutir cuál era el *elemento* (la palabra nació siglos después) que servía como tipo de cambio físico.

Heráclito, que no por casualidad vivía en Efeso, escribió: "Todas las cosas se cambian entre sí con el fuego y el fuego se cambia en todas las cosas, así como las mercancías en oro y el oro en mercancías".

Puede que Heráclito pensara que el fuego era el elemento básico. Pero una generación antes, Tales se le había adelantado, al proponer al agua como componente fundamental de todas las cosas.

LOS CUATRO ELEMENTOS

En apariencia, no había nada novedoso en decir que el mundo había salido del agua: ya lo decían la mayoría de los mitos orientales. Pero Tales no se limitó a eso: pensó que todas las sustancias, a pesar de sus diferentes cualidades, estaban hechas de una misma materia, el agua.

Siglos más tarde, un erudito alejandrino propuso una interpretación de Tales. Acostumbrado a contemplar cómo se formaban y disipaban las tormentas en el mar Jónico, el milesio habría observado que el agua aparece en tres estados distintos; líquido, vapor o hielo. Las cualidades cambian (el vapor es cálido; el hielo es frío), pero la razón prueba que se trata de una misma sustancia que sólo cambia de aspecto. ¿Por qué no pensar que las piedras eran un hielo compacto o que el aire se resolvía en un vapor muy rarificado?

Era una buena abstracción, pero su discípulo Anaxímenes prefirió el aire. Anaximandro, en cambio, postuló un elemento aún más fundamental, "lo indeterminado" (ápeiron), pero avanzó con la idea de densidad; según la densidad del ápeiron, teníamos tierra, agua, aire y fuego, en este orden.

Al parecer, para entonces, ya circulaba la idea de que había cuatro elementos de la naturaleza. Eran lo que hoy llamaríamos estados: sólido, líquido, gaseoso. Con buena voluntad, hasta podríamos pensar que el *fuego* era lo que hoy llamaríamos *plasma*. El principal inconveniente de esta primitiva química fue que por circunstancias ajenas a ella llegó a durar más que la astronomía geocéntrica. Pero también tenía sus méritos, si la comparamos con otras. El tratado chino Chu King, escrito dos siglos después, hablaba de *cinco elementos*. Coincidía con los griegos en el agua, el fuego y la tierra; pero se olvidaba del aire y añadía dos "elementos" (la madera y el metal) que un griego hubiera considerado "tierras".

Todavía no estaban claros los límites entre la física y la química. Pensando como químico, Anaxágoras creyó que si dividía el hierro o el agua en partículas cada vez menores, seguiríamos encontrando hierro y agua.

En cambio, Leucipo y Demócrito pensaban como físicos. Propusieron una partícula indivisib llamada *átomo* que con el tiempo resultó una las cosas más divisibles del mundo. De todos m dos, sus átomos eran eternos, pero no idéntic para dar cuenta de las propiedades de los cuerp Siglos después, Lucrecio seguía enseñando que aceite tenía átomos ganchudos que lo hacían v coso; el fuego, átomos pequeños como rodamie tos y el diamante, *partículas puntiagudas*.

Antes de perderse en el cráter del volcán Etn adonde lo llevaría la curiosidad científica, Emp docles sentó las bases de una teoría intermedi que sintetizaba varias propuestas; había cuat "raíces" simples –que luego serían *elementos*– dos fuerzas –la atracción y la repulsión– que e plicaban las afinidades entre un elemento y otr

EL CANON DE ARISTOTELES

Aristóteles construyó un paradigma que, al c recer de competencia, llegó a dominar los dos m lenios siguientes. Así como Newton armaría u arquitectura donde encajaban perfectamen Descartes, Galileo y Kepler, el griego quiso a mar una síntesis de los cuatro elementos de Em pédocles con las ideas de otros filósofos, exclu yendo a los atomistas. Los pensadores jónico quizás inspirados en el clima marino, habían pe sado que además de los cuatro elementos hab cuatro sensaciones básicas: calor, frío, humeda y sequedad.

El fuerte de Aristóteles no era la física. Rech zaba al atomismo y a la idea del vacío porque t mía sus consecuencias reduccionistas. Optó pu por combinar los cuatro elementos de Empédo cles con las cuatro sensaciones (cualidades) bás cas. La tierra era seca y fría; el aire, cálido y h medo; el agua, fría y húmeda; el fuego, cálido seco. La tierra era absolutamente pesada y el fu go, absolutamente liviano. Agua y aire eran l *elementos medios*. Era un sistema elegante y sim trico, pero lamentablemente falso.

Sin embargo, nunca terminamos de sacarn a Aristóteles de encima. Seguimos hablando d "medio líquido" o "gaseoso" y hasta de "medi ambiente". Cualquier inundación es "la lucha d hombre contra los elementos", y hasta hay u champú que le da al pelo "la humectación d agua, el volumen del aire, el brillo del fuego y l fuerza de la tierra".

LA DECONSTRUCCION DE LOS ELEMENTO

Pese a todo, Aristóteles había dicho que l cuatro elementos eran compuestos: bastaba qu tarles alguna de sus cualidades para que se tran formaran en otra cosa; es lo que los alquimista se propusieron hacer. Para ellos, casi todo e compuesto: hasta los metales que nosotros con sideramos simples podían ser *simplificados* m diante la calcinación.

El primer *elemento* en descomponerse fue l tierra, que se dividió en los crisoles alquímico En pleno Renacimiento, Paracelso inició el ata

La arrob@ es algo viejo

POR JUAN PABLO BERMUDEZ

Puede que, de alguna forma, sea un nuevo (y duro) golpe para quienes están convencidos de estar viviendo la historia del futuro, pero parece que es así: el símbolo arroba (@) que se utiliza en Internet y, principalmente, en el correo electrónico, es de origen italiano y los primeros en usarlo fueron los mercaderes venecianos del siglo XVI para representar la abreviación de una unidad de peso y capacidad, llamada *ánfora*.

El descubrimiento (de que algo nuevo es en realidad algo muy viejo) fue hecho por un profesor de historia de la Universidad La Sapienza, Roma, durante un trabajo de investigación para el Instituto Treccani. El historiador Giorgio Stabile sustenta su teoría –además de haber encontrado el símbolo en antiguos documentos– en el hecho de que la denominación utilizada en español, *arroba*, significa, en árabe, "un cuarto", es decir la misma medida que la antigua ánfora utilizada para el comercio de los venecianos en Medio Oriente. Mucho tiempo antes de la aparición de las computadoras.

FIJACION DE DOMICILIO

En la era informática, la arroba se utiliza esencialmente para las direcciones de correo electrónico y, según la gran mayoría de glosarios y diccionarios de términos informáticos e Internet que existen, significa *en*. Es decir, el nombre del usuario *en* el servidor en el que se lo encuentra (por ejemplo **futuro@pagina12.com.ar**, es decir este suplemento en el servidor del diario **Página/12**; el .com significa *comercial* y .ar, obvio, Argentina).

Sin embargo, en los albores de la revolución informática no cumplía esa función. La @, que ya no se llama más *ánfora*, a principios del siglo XX era conocida como la "A comercial" y precisamente en esa época comenzó a aparecer en los teclados de los primeros modelos de máquinas de escribir. Fue el ingeniero estadounidense Ray Tomlinson quien al encontrar la "A comercial" en el teclado de su computadora la utilizó para separar el nombre de la dirección en el primer mensaje de correo electrónico que había inventado él mismo.

La elección de Tomlinson recayó sobre la arroba porque necesitaba un carácter del teclado que tuviera sólo una función y por lo tanto era mejor elegir uno de los menos utilizados. Una explicación que no convence al profesor Stabile, quien sostiene que "en el mundo de los símbolos nada sucede por casualidad". Aunque no da muchas precisiones sobre su enigmático comentario.

CASI COMO EL SANTO SUDARIO

La fotografía de la arroba descubierta por el profesor Stabile en un documento que data de 1536, y después en otros escritos mercantiles venecianos, fue publicada semanas atrás en la primera página del diario romano *La Repubblica*. Inmediatamente generó decenas de comentarios de asombro y hasta alguna opinión tragicómica, como la del sociólogo Andrea Di Benedetto, que sostuvo que "ahora que se supo que se trata de un símbolo antiguo, habría que buscar alguno más relacionado con el futuro".

Puede que a Di Benedetto, el hallazgo del origen de la arroba –los italianos la llaman, por su forma, *chiocciola*, es decir caracol–, le haya parecido una insolencia histórica. El símbolo por antonomasia de la comunicación virtual, la esencia misma de Internet, la representación deese mundo futuro que ya está entre nosotros tiene cinco siglos de vida. No es para confiar mucho en la inventiva de ese mismo futuro.

Giorgio Stabile, por el contrario, no sólo no se sorprendió demasiado, sino que además tiene lista una supuesta respuesta de cómo la arroba llegó, de una u otra manera, hasta nuestros días, aunque a decir verdad tampoco aporta demasiado: "ningún símbolo nace de la nada y ningún símbolo se elige por casualidad", explica el historiador. Al mismo tiempo, un grupo de científicos de la Universidad romana se entusiasmaban tanto con el descubrimiento que proponía, tal vez exageradamente, que "desde el Santo Sudario que no había una revelación de este tipo". Sin entrar en cuestiones religiosas... comparar la arroba con Dios suena un poco fuerte.

NAVEGANTES VERDADEROS

De todos modos, fiel a su profesión, Stabile propone una revisión histórica. "La arroba tiene un origen italiano vinculado al comercio y a la navegación verdadera, aquella que se hacía con veleros que no tenían nada de virtual y que viajaban cargados de mercaderías exóticas. La arroba es el símbolo de la pericia de los marineros, las batallas contra el mar, el mundo de la navegación, cuando navegar era un desafío".

El mismo profesor destaca que se utilizaba por ejemplo en los registros mercantiles de las naves de carga que atracaban en las costas árabes y españolas. Otra sociedad de navegantes, los ingleses, habían abreviado el difundido símbolo en *at* (ese es el significado que le dan al día de hoy) para indicar el precio: *at a price of* y desde entonces figura en el alfabeto comercial británico.

El hallazgo de Stabile demuestra una vez que falta mucho por saber. Y a los fascinados por las computadoras en tanto símbolo del futuro, a no deprimirse si el día de mañana se descubre que, en realidad, el chat fue un recurso concebido por los faraones egipcios.

Elementos



LA CONVERTIBILIDAD DE HERACLITO

No es fácil explicar cómo surgió entre los griegos la reflexión racional sobre la naturaleza, un audaz proyecto que los llevó a formular una temprana teoría atómica y una teoría química que duraría dos mil años. En esos tiempos, chinos e indios también teorizaban sobre los componentes de la materia, pero los griegos fueron más lejos.

¿Por qué habrían de empeñarse los griegos en descomponer todas las cosas en uno o varios elementos básicos? Quien nos ofrece una pista es el historiador de la tecnología Lynn White. Recuerda que las primeras monedas conocidas se encontraron en los cimientos del templo de Artemisa de Efeso. Fue unos 600 años antes de Cristo, la época de los primeros filósofos.

En su tiempo, la moneda como instrumento de cambio debe haber sido una revolución no sólo económica sino también intelectual. Por primera vez había un común denominador que compartían los distintos bienes.

Si con el oro y la plata podían comprarse toda clase de cosas, y su valor comenzaba a medirse en monedas, ¿por qué no pensar que todas las sustancias de la naturaleza pueden resultar convertibles entre sí? Sólo quedaba por discutir cuál era el *elemento* (la palabra nació siglos después) que servía como tipo de cambio físico.

Heráclito, que no por casualidad vivía en Efeso, escribió: "Todas las cosas se cambian entre sí con el fuego y el fuego se cambia en todas las cosas, así como las mercancías en oro y el oro en mercancías".

Puede que Heráclito pensara que el fuego era el elemento básico. Pero una generación antes, Tales se le había adelantado, al proponer al agua como componente fundamental de todas las cosas.

LOS CUATRO ELEMENTOS

En apariencia, no había nada novedoso en decir que el mundo había salido del agua: ya lo decían la mayoría de los mitos orientales. Pero Tales no se limitó a eso: pensó que todas las sustancias, a pesar de sus diferentes cualidades, estaban hechas de una misma materia, el agua.

Siglos más tarde, un erudito alejandrino propuso una interpretación de Tales. Acostumbrado a contemplar cómo se formaban y disipaban las tormentas en el mar Jónico, el milesio habría observado que el agua aparece en tres estados distintos; líquido, vapor o hielo. Las cualidades cambian (el vapor es cálido; el hielo es frío), pero la razón prueba que se trata de una misma sustancia que sólo cambia de aspecto. ¿Por qué no pensar que las piedras eran un hielo compacto o que el aire se resolvía en un vapor muy rarificado?

Era una buena abstracción, pero su discípulo Anaxímenes prefirió el aire. Anaximandro, en cambio, postuló un elemento aún más fundamental, "lo indeterminado" (ápeiron), pero avanzó con la idea de densidad; según la densidad del ápeiron, teníamos tierra, agua, aire y fuego, en este orden.

Al parecer, para entonces, ya circulaba la idea de que había cuatro elementos de la naturaleza. Eran lo que hoy llamaríamos estados: sólido, líquido, gaseoso. Con buena voluntad, hasta podríamos pensar que el *fuego* era lo que hoy llamaríamos *plasma*. El principal inconveniente de esta primitiva química fue que por circunstancias ajenas a ella llegó a durar más que la astronomía geocéntrica. Pero también tenía sus méritos, si la comparamos con otras. El tratado chino Chu King, escrito dos siglos después, hablaba de cinco elementos. Coincidía con los griegos en el agua, el fuego y la tierra; pero se olvidaba del aire y añadía dos "elementos" (la madera y el metal) que un griego hubiera considerado "tierras".

Todavía no estaban claros los límites entre la física y la química. Pensando como químico, Anaxágoras creyó que si dividía el hierro o el agua en partículas cada vez menores, seguiríamos encontrando hierro y agua.

En cambio, Leucipo y Demócrito pensaban como físicos. Propusieron una partícula indivisible llamada *átomo* que con el tiempo resultó una de las cosas más divisibles del mundo. De todos modos, sus átomos eran eternos, pero no idénticos, para dar cuenta de las propiedades de los cuerpos. Siglos después, Lucrecio seguía enseñando que el aceite tenía átomos ganchudos que lo hacían viscoso; el fuego, átomos pequeños como rodamientos y el diamante, partículas puntiagudas.

Antes de perderse en el cráter del volcán Etna, adonde lo llevaría la curiosidad científica, Empédocles sentó las bases de una teoría intermedia, que sintetizaba varias propuestas; había cuatro "raíces" simples –que luego serían *elementos*– y dos fuerzas –la atracción y la repulsión– que explicaban las afinidades entre un elemento y otro.

13 Al ALUMINIO 26,9815 3 2-8-3 2,70 [Ne] $3s^2$ $3p^1$	14 Si SILICIO 28,086 4 2-8-4 2,33 [Ne] $3s^2$ $3p^2$
31 Ga GALIO 69,72 3 18-3 5,91 [Ar] $3d^{10}$ $4s^2$ $4p^1$	32 Ge GERMANIO 72,59 2,4 18-4 5,32 [Ar] $3d^{10}$ $4s^2$ $4p^2$
49 In INDIO 114,82 3 18-3 7,31 [Kr] $4d^{10}$ $5s^2$ $5p^1$	50 Sn ESTAÑO 118,69 4,2 18-4 7,30 [Kr] $4d^{10}$ $5s^2$ $5p^2$
81 Tl TALIO 204,37 3,1 32-18-3 11,85 Xe] $4f^{14}$ $5d^{10}$ $6s^2$ $6p^1$	82 Pb PLOMO 207,19 4,2 32-18-4 11,4 [Xe] $4f^{14}$ $5d^{10}$ $6s^2$ $6p^2$

15 P FÓSFORO 30,9738 ±3,5,4 2-8-5 1,82 [Ne] $3s^2$ $3p^3$	16 S AZUFRE 32,064 6,3,4,-2 2-8-6 2,07 [Ne] $3s^2$ $3p^4$	17 Cl CLORO 35,453 ±1,3,4,5,6,7 2-8-7 1,56 [Ne] $3s^2$ $3p^5$	18 ARGÓN 39,948 0 2-8-8 1,40 [Ne] $3s^2$
33 As ARSÉNICO 74,9216 ±3,5 18-5 5,72 [Ar] $3d^{10}$ $4s^2$ $4p^3$	34 Se SELENIO 78,96 6,4,-2 18-6 4,79 [Ar] $3d^{10}$ $4s^2$ $4p^4$	35 Br BROMO 79,909 ±1,3,4,5,7 18-7 3,12 [Ar] $3d^{10}$ $4s^2$ $4p^5$	36 CRIPTÓN 83,80 0 18-8 2,6 [Ar] $3d^{10}$
51 Sb ANTIMONIO 121,75 ±3,5 18-5 6,62 [Kr] $4d^{10}$ $5s^2$ $5p^3$	52 Te TELURIO 127,60 6,4,-2 18-6 6,24 [Kr] $4d^{10}$ $5s^2$ $5p^4$	53 I YODO 126,9044 ±1,3,4,5,7 18-7 4,94 [Kr] $4d^{10}$ $5s^2$ $5p^5$	54 XENÓN 131,30 0 18-8 3,06 [Kr] $4d^{10}$
83 Bi BISMUTO 208,980 3,5 32-18-5 9,8 [Xe] $4f^{14}$ $5d^{10}$ $6s^2$ $6p^3$	84 Po POLONIO (210) 4,±2 32-18-6 (9,2) [Xe] $4f^{14}$ $5d^{10}$ $6s^2$ $6p^4$	85 At ASTATO (210) 32-18-7 [Xe] $4f^{14}$ $5d^{10}$ $6s^2$ $6p^5$	86 RADÓN (222) 0 32-18-8 [Xe] $4f^{14}$ 5

EL CANON DE ARISTOTELES

Aristóteles construyó un paradigma que, al carecer de competencia, llegó a dominar los dos milenios siguientes. Así como Newton armaría una arquitectura donde encajaban perfectamente Descartes, Galileo y Kepler, el griego quiso armar una síntesis de los cuatro elementos de Empédocles con las ideas de otros filósofos, excluyendo a los atomistas. Los pensadores jónicos, quizás inspirados en el clima marino, habían pensado que además de los cuatro elementos había cuatro sensaciones básicas: calor, frío, humedad y sequedad.

El fuerte de Aristóteles no era la física. Rechazaba al atomismo y a la idea del vacío porque temía sus consecuencias reduccionistas. Optó pues por combinar los cuatro elementos de Empédocles con las cuatro sensaciones (cualidades) básicas. La tierra era seca y fría; el aire, cálido y húmedo; el agua, fría y húmeda; el fuego, cálido y seco. La tierra era absolutamente pesada y el fuego, absolutamente liviano. Agua y aire eran los *elementos medios*. Era un sistema elegante y simétrico, pero lamentablemente falso.

Sin embargo, nunca terminamos de sacarnos a Aristóteles de encima. Seguimos hablando de "medio líquido" o "gaseoso" y hasta de "medio ambiente". Cualquier inundación es "la lucha del hombre contra los elementos", y hasta hay un champú que le da al pelo "la humectación del agua, el volumen del aire, el brillo del fuego y la fuerza de la tierra".

LA DECONSTRUCCION DE LOS ELEMENTOS

Pese a todo, Aristóteles había dicho que los cuatro elementos eran compuestos: bastaba quitarles alguna de sus cualidades para que se transformaran en otra cosa; es lo que los alquimistas se propusieron hacer. Para ellos, casi todo era compuesto: hasta los metales que nosotros consideramos simples podían ser *simplificados* mediante la calcinación.

El primer *elemento* en descomponerse fue la tierra, que se dividió en los crisoles alquímicos. En pleno Renacimiento, Paracelso inició el ataque contra la vieja teoría aristotélica, cuando reemplazó a los cuatro elementos *pasivos* por tres principios *activos*. En lugar de la tierra puso la sal, reemplazó al aire por el azufre, y en lugar del agua puso el mercurio, pero nunca fue demasiado explícito acerca de cuáles eran sus "cualidades espirituales". Al fuego, lo consideró inmaterial.

La historia de cómo el aire, el agua y el fuego terminaron siendo identificados como compuestos y desaparecieron de la escena es una epopeya comparable a la del copernicanismo. El fuego fue el que más resistió y obligó a transformar no sólo la química sino también la propia física.

EL FUEGO INEXTINGUIBLE

Disolver el agua y el aire en sus componentes fueron dos grandes frentes de la revolución química. En la batalla final, caería el último bastión: el fuego sustancial.

El último avatar del fuego fue el "flogisto", la sustancia que el químico alemán Stahl (1660-1734) propuso para explicar las combustiones. En su teoría, muy popular en el siglo XVIII, había cinco elementos: aire, agua y tres clases de tierras, una de las cuales era el flogisto. Cuando se quemaba carbón, por ejemplo, se liberaba el "flogisto" que contenía. Las cenizas pesaban menos que el carbón, porque habían perdido flogisto.

Pese a todo era un avance, porque aunque el flogisto era de "naturaleza solar o astral", ahora pasaba a ser algo que se podía medir.

De hecho, el proceso no fue tan simple como cabría pensar.

Por esos años, un farmacéutico francés que necesitaba óxido de estaño puso a calcinar el metal en un crisol, pero descubrió que el producto final pesaba más que el estaño: hoy diríamos que se había combinado con el oxígeno del aire. Los acomodaticios sugirieron que a flogisto, esencialmente liviano, aligeraba los compuestos en los cuales intervenía, porque tenía "peso negativo"...

25 Mn MANGANESO 54,9381 7,6,4,2,3 13-2 7,43 [Ar] $3d^5$ $4s^2$	26 Fe HIERRO 55,847 2,3 14-2 7,86 [Ar] $3d^6$ $4s^2$	27 Co COBALTO 58,9332 2,3 15-2 8,9 [Ar] $3d^7$ $4s^2$
43 Tc TECNECIO (99) 7,4 14-1 11,5 ★ [Kr] $4d^6$ $5s^1$	44 Ru RUTENIO 101,07 2,3,4,6,8 15-1 12,2 [Kr] $4d^7$ $5s^1$	45 Rh RODIO 102,905 2,3,4 16-1 12,4 [Kr] $4d^8$ $5s^1$
75 Re RENIO 186,2 7,6,4,2,-1 32-13-2 21,0 [Xe] $4f^{14}$ $5d^5$ $6s^2$	76 Os OSMIO 190,2 2,3,4,6,8 32-14-2 22,6 [Xe] $4f^{14}$ $5d^6$ $6s^2$	77 Ir IRIDIO 192,2 2,3,4,6 32-15-2 22,5 [Xe] $4f^{14}$ $5d^7$ $6s^2$

En el siglo XVIII aún no se pensaba en términos de energía: el calor, la luz, el magnetismo y la electricidad eran "imponderables", formas de materia sutil; se hablaba de "fluido vital" y hasta de "fluido gravítico". En cuanto al calor, era el fluido más uniformemente distribuido de la naturaleza.

H2O

El elemento "agua" acabó disolviéndose en el compuesto H2O, pero generó una larga polémica, llamada "controversia del agua", para decidir si Cavendish, Watt o Lavoisier merecían llevarse los laureles. El primero en reclamarlos fue Cavendish en 1784, pero al parecer ya un año antes Watt había sugerido que el agua era la combinación de "aire deflogistificado" (oxígeno) con "flogisto atenuado" (hidrógeno). Los tres enterradores de Tales tuvieron sus defensores y detractores en Francia e Inglaterra, hasta que se comenzó a entender que la historia de la ciencia no es el libro Guinness.

No hubo, en cambio, polémica en torno de quién había sido el primero en descomponer el aire e identificar los principales gases, a pesar de que también intervinieron varios investigadores.

El oxígeno fue descubierto casi al mismo tiempo por el sueco Scheele (1742-1786), el inglés Priestley y el francés Lavoisier. El primero murió joven, probablemente intoxicado por sus experiencias; el segundo tuvo que emigrar a Estados Unidos cuando la intolerancia política se ensañó con la Sociedad Lunar, y el tercero fue guillotinado durante el Terror, comprometido en un hecho de corrupción.

Es notable cómo la fundación de la química moderna se hizo bajo el signo del flogisto. Scheele lo llamó "empíreo" o "aire-fuego". Priestley lo llamó "aire deflogistificado" y lo definió como un gas ávido de fuego, que chupaba el flogisto de los combustibles y avivaba las llamas. El gran Lavoisier le puso "calórico" al flogisto, antes de darse cuenta de que ya no lo necesitaba.

El descubrimiento del oxígeno tiene fecha. El 1º de agosto de 1774, Priestley logró extraer "aire" del "mercurius calcinatus", un remedio que preparaban los alquimistas para tratar las afecciones de la piel.

K (POT)ASIO (39,1)02 $4s^1$	20 Ca CALCIO 40,08 2 8-2 1,55 [Ar] $4s^2$	21 Sc ESCANDIO 44,956 3 9-2 3,0 [Ar] $3d^1$ $4s^2$
Rb (RUB)IDIO 7 $5s^1$	38 Sr ESTRONCIO 87,62 2 8-2 2,6 [Kr] $5s^2$	39 Y ITRIO 88,905 3 9-2 4,47 [Kr] $4d^1$ $5s^2$
Cs IO 905 -1 $6s^1$	56 Ba BARIO 137,34 2 18-8-2 3,5 [Xe] $6s^2$	57 La LANTANO 138,91 3 18-9-2 6,17 [Xe] $5d^1$ $6s^2$

28 Ni NÍQUEL 58,71 2,3 16-2 8,9 [Ar] $3d^8$ $4s^2$	29 Cu COBRE 63,54 2,1 18-1 8,96 [Ar] $3d^{10}$ $4s^1$	30 Zn CINC 65,37 2 18-2 7,14 [Ar] $3d^{10}$ $4s^2$
46 Pd PALADIO 106,4 2,4 18 12,0 [Kr] $4d^{10}$	47 Ag PLATA 107,870 1 18-1 10,5 [Kr] $4d^{10}$ $5s^1$	48 Cd CADMIO 112,40 2 18-2 8,65 (Kr) $4d^{10}$ $5s^2$
78 Pt PLATINO 195,09 2,4 32-17-1 21,4 [Xe] $4f^{14}$ $5d^9$ $6s^1$	79 Au ORO 196,967 3,1 32-18-1 19,3 [Xe] $4f^{14}$ $5d^{10}$ $6s^1$	80 Hg MERCURIO 200,59 2,1 32-18-2 13,6 [Xe] $4f^{14}$ $5d^{10}$ $6s^2$

Observó que este "aire" avivaba las llamas y provocaba una sensación de ligereza y ebriedad, que le hizo pensar si algún día no se convertiría en "un artículo de lujo". De hecho, Priestley se dio cuenta de la importancia de lo que estaba haciendo, porque escribió: "Una de las pocas máximas indiscutidas en la filosofía es la que dice que el aire es una sustancia simple y elemental, tanto como se supone que lo es el agua. Sin embargo, he llegado a la conclusión de que el aire no es inalterable. "Contó su descubrimiento durante una cena en París, compartida por Lavoisier. El francés repitió las experiencias y llegó a la conclusión de que el mercurio calcinado era la unión del mercurio con el "aire activo". Más tarde, comenzaría a llamarlo oxígeno.

EL CAÑON DE RUMFORD

Benjamin Thompson, conde de Rumford, debe ser el único noble alemán nacido en Massachussetts. Era un realista de Concord, que trabajó como espía contra Washington; la corona británica lo hizo caballero y terminó trabajando al servicio del Elector de Baviera, donde hizo mucho por difundir la máquina a vapor.

En 1798 dirigía un arsenal. Los cañones se hacían entonces torneando un cilindro de bronce y perforándolo con un taladro movido por caballos. Durante la perforación el metal alcanzaba altas temperaturas, aunque sumando el peso de las virutas y del cañón terminado no se notaban diferencias.

Esto era todo lo contrario de lo que decía la teoría. ¿De dónde salía tanto flogisto si el cuerpo no perdía masa? A Rumford se le ocurrió que quizás el calor no fuera una sustancia sino el resultado de la fricción; hoy diríamos, la transformación del movimiento en otra forma de energía. Quizás, en su infancia americana Rumford habría visto a los indios encendiendo fuego con dos palitos.

Para probarlo mandó usar mechas gastadas, que recalentaban aún más, y logró hacer hervir el agua en la cual estaban sumergidas las piezas. Dejó constancia del asombro que había provocado al producir calor sin encender fuego y no dejó de notar que, "si aspiraba a ser un filósofo serio, tenía que haber ocultado el descubrimiento".

MENDELEIEV Y DESPUES

En 1789 Lavoisier ya había elaborado una lista de 60 "sustancias reales". Luego, Dalton hizo renacer la hipótesis atómica. Los elementos habían proliferado y se hacía necesario poner alguna racionalidad en la maraña de descubrimientos empíricos.

Quienes lo hicieron, como señaló alguna vez Mario Bunge, venían de países pobres y atrasados, en la periferia del mundo europeo. Eran gente como los italianos Avogadro y Cannizzaro y el ruso Mendeleiev. Descubrieron que los elementos tenían una lógica interna de creciente complejidad y que "sus propiedades eran las de los números".

El artífice de la tabla periódica fue Dimitri Ivanovich Mendeleiev. Venía nada menos que de Siberia. Tenía 16 hermanos y una familia perseguida por la desgracia; le habían negado el ingreso a varias universidades, condenándolo a trabajar durante años como maestro.

En 1871 logró ordenar los pesos atómicos de los 63 elementos conocidos en una secuencia periódica. La tabla de Mendeleiev resultó una hipótesis de enorme fecundidad: los elementos que aún no habían sido descubiertos, comenzando por los gases raros; los isótopos y los elementos recientemente sintetizados encajaban en ella.

Desde la intuición del viejo Tales, la física ha crecido en complejidad, y aunque algunos quieran decretar su fin, siempre descubre nuevas fronteras. Mirando atrás, se aprecia esa *aventura del pensamiento* de la que hablaba Einstein.

NOVEDADES EN CIENCIA

EL ABUELO DE LAS AVES

Science Según parece, un fósil descubierto hace más de treinta años sería la llave para resolver el enigma del origen de las aves. Durante los últimos años, los científicos han propuesto dos teorías sobre este tema: la primera dice que las aves descienden directamente de los dinosaurios. Y la segunda sugiere que ambos evolucionaron a partir de un grupo reptiliano en común, el de los arqueosaurios. Y bien, ahora la balanza se estaría inclinando a favor de este segundo modelo. El año pasado, en Kansas, durante la Exhibición Itinerante de Fósiles Rusos –que hace poco pasó por la Argentina–, los paleontólogos norteamericanos John Ruben y Terry Jones de la Universidad de Oregón tuvieron la chance de estudiar un fósil de *Longisquama insignis*, descubierto en 1969 en lo que alguna vez fue la república soviética de Kyrgyzstan. Los *Longisquama insignis* eran unos reptiles del tamaño de un lagarto y vivieron en Asia central hace 220 millones de años. A partir de ciertas características del fósil, muchos paleontólogos creían que estos animales tenían unos largos apéndices –ocho pares en total– hechos de escamas. Sin embargo, después de examinarlo cuidadosamente, Ruben y Terry arribaron a una conclusión sorprendente: esas estructuras serían plumas y no escamas. Y por si eso fuera poco, "sus dientes, estructura pectoral, cuello y cráneo también son similares a los de las de aves", dice Jones. En definitiva, el estudio de estos investigadores, recientemente publicado, no sólo indica que el *Longisquama* habría sido el abuelo de todas las aves –destronando al famoso *Archaeopteryx*, mucho más reciente–, sino que también, confirmaría que todas ellas descienden de un grupo de reptiles anterior a los dinosaurios.

PLUTON: LA POLEMICA CONTINUA



SKY Desde todo punto de vista, Plutón es un cuerpo fronterizo. Y para muchos astrónomos, su status de planeta es cuestionable: es muy chico, su órbita es extravagante y, tal como se ha descubierto en los últimos años, habita una zona del Sistema Solar poblada de una enorme familia de objetos menores –llamados transneptunianos– que podrían ser sus parientes. Aunque el año pasado la Unión Astronómica Internacional (IAU, su sigla en inglés) confirmó su etiqueta de planeta, muchos científicos no quedaron conformes. Uno de ellos es Brian Mardsen, la autoridad máxima del Centro de Planetas Menores (léase asteroides y afines) de la mismísima IAU. Hace poco, durante el último encuentro de esta entidad –celebrado en Manchester, Inglaterra– Marsden reunió informalmente a un centenar de astrónomos planetarios y les preguntó si Plutón debía ser considerado como un planeta, como un objeto transneptuniano, o ambas cosas. Y más de la mitad eligió esta última opción, una suerte de doble ciudadanía. "Una clasificación dual es la mejor forma para tratar estos casos fronterizos", dijo Michael A'Hearn, un astrónomo de la Universidad de Maryland, Estados Unidos. Pero Alan Stern, verdadero experto en Plutón, se opone a este planteo un tanto acomodaticio: "Es como preguntar si Michael A'Hearn es un ser humano o un norteamericano: una cosa es su origen y la otra, su localización". A setenta años de su descubrimiento, la polémica sobre Plutón continúa.

16 S AZUFRE 32,064 6,3,4,-2 2-8-6 2,07 [Ne] $3s^2$ $3p^4$	17 Cl CLORO 35,453 ±1,3,4,5,6,7 2-8-7 1,56 [Ne] $3s^2$ $3p^5$	18 ARGÓN 39,948 0 2-8-8 1,40 [Ne] $3s^2$
34 Se SELENIO 78,96 6,4,-2 18-6 4,79 [Ar] $3d^{10}$ $4s^2$ $4p^4$	35 Br BROMO 79,909 ±1,3,4,5,7 18-7 3,12 [Ar] $3d^{10}$ $4s^2$ $4p^5$	36 CRIPTÓN 83,80 0 18-8 2,6 [Ar] $3d^{10}$
52 Te TELURIO 127,60 6,4,-2 18-6 6,24 [Kr] $4d^{10}$ $5s^2$ $5p^4$	53 I YODO 126,9044 ±1,3,4,5,7 18-7 4,94 [Kr] $4d^{10}$ $5s^2$ $5p^5$	54 XENÓN 131,30 0 18-8 3,06 [Kr] $4d^{10}$
84 Po POLONIO (210) 4,±2 32-18-6 (9,2) [Xe] $4f^{14}$ $5d^{10}$ $6s^2$ $6p^4$	85 At ASTATO (210) 32-18-7 [Xe] $4f^{14}$ $5d^{10}$ $6s^2$ $6p^5$	86 RADÓN (222) 0 32-18-8 [Xe] $4f^{14}$

que contra la vieja teoría aristotélica, cuando reemplazó a los cuatro elementos *pasivos* por tres principios *activos*. En lugar de la tierra puso la sal, reemplazó al aire por el azufre, y en lugar del agua puso el mercurio, pero nunca fue demasiado explícito acerca de cuáles eran sus "cualidades espirituales". Al fuego, lo consideró inmaterial.

La historia de cómo el aire, el agua y el fuego terminaron siendo identificados como compuestos y desaparecieron de la escena es una epopeya comparable a la del copernicanismo. El fuego fue el que más resistió y obligó a transformar no sólo la química sino también la propia física.

EL FUEGO INEXTINGUIBLE

Disolver el agua y el aire en sus componentes fueron dos grandes frentes de la revolución química. En la batalla final, caería el último bastión: el fuego sustancial.

El último avatar del fuego fue el "flogisto", la sustancia que el químico alemán Stahl (1660-1734) propuso para explicar las combustiones. En su teoría, muy popular en el siglo XVIII, había cinco elementos: aire, agua y tres clases de tierras, una de las cuales era el flogisto. Cuando se quemaba carbón, por ejemplo, se liberaba el "flogisto" que contenía. Las cenizas pesaban menos que el carbón, porque habían perdido flogisto.

Pese a todo era un avance, porque aunque el flogisto era de "naturaleza solar o astral", ahora pasaba a ser algo que se podía medir.

De hecho, el proceso no fue tan simple como cabría pensar.

Por esos años, un farmacéutico francés que necesitaba óxido de estaño puso a calcinar el metal en un crisol, pero descubrió que el producto final pesaba más que el estaño: hoy diríamos que se había combinado con el oxígeno del aire. Los acomodaticios sugirieron que a flogisto, esencialmente liviano, aligeraba los compuestos en los cuales intervenía, porque tenía "peso negativo"...

25 Mn MANGANESO 54,9381 7,6,4,2,3 13-2 7,43 [Ar] $3d^5$ $4s^2$	26 Fe HIERRO 55,847 2,3 14-2 7,86 [Ar] $3d^6$ $4s^2$	27 Co COBALTO 58,9332 2,3 15-2 8,9 [Ar] $3d^7$ $4s^2$
43 Tc TECNECIO (99) 7,4 14-1 11,5 [Kr] $4d^6$ $5s^1$	44 Ru RUTENIO 101,07 2,3,4,6,8 15-1 12,2 [Kr] $4d^7$ $5s^1$	45 Rh RODIO 102,905 2,3,4 16-1 12,4 [Kr] $4d^8$ $5s^1$
75 Re RENIO 186,2 7,6,4,2,-1 32-13-2 21,0 [Xe] $4f^{14}$ $5d^5$ $6s^2$	76 Os OSMIO 190,2 2,3,4,6,8 32-14-2 22,6 [Xe] $4f^{14}$ $5d^6$ $6s^2$	77 Ir IRIDIO 192,2 2,3,4,6 32-15-2 22,5 [Xe] $4f^{14}$ $5d^7$ $6s^2$

En el siglo XVIII aún no se pensaba en términos de energía: el calor, la luz, el magnetismo y la electricidad eran "imponderables", formas de materia sutil; se hablaba de "fluido vital" y hasta de "fluido gravítico". En cuanto al calor, era el fluido más uniformemente distribuido de la naturaleza.

H2O

El elemento "agua" acabó disolviéndose en el compuesto H2O, pero generó una larga polémica, llamada "controversia del agua", para decidir si Cavendish, Watt o Lavoisier merecían llevarse los laureles. El primero en reclamarlos fue Cavendish en 1784, pero al parecer ya un año antes Watt había sugerido que el agua era la combinación de "aire deflogistificado" (oxígeno) con "flogisto atenuado" (hidrógeno). Los tres enterradores de Tales tuvieron sus defensores y detractores en Francia e Inglaterra, hasta que se comenzó a entender que la historia de la ciencia no es el libro Guinness.

No hubo, en cambio, polémica en torno de quién había sido el primero en descomponer el aire e identificar los principales gases, a pesar de que también intervinieron varios investigadores.

El oxígeno fue descubierto casi al mismo tiempo por el sueco Scheele (1742-1786), el inglés Priestley y el francés Lavoisier. El primero murió joven, probablemente intoxicado por sus experiencias; el segundo tuvo que emigrar a Estados Unidos cuando la intolerancia política se ensañó con la Sociedad Lunar, y el tercero fue guillotinado durante el Terror, comprometido en un hecho de corrupción.

Es notable cómo la fundación de la química moderna se hizo bajo el signo del flogisto. Scheele lo llamó "empíreo" o "aire-fuego". Priestley lo llamó "aire deflogistificado" y lo definió como un gas ávido de fuego, que chupaba el flogisto de los combustibles y avivaba las llamas. El gran Lavoisier le puso "calórico" al flogisto, antes de darse cuenta de que ya no lo necesitaba.

El descubrimiento del oxígeno tiene fecha. El 1º de agosto de 1774, Priestley logró extraer "aire" del "mercurius calcinatus", un remedio que preparaban los alquimistas para tratar las afecciones de la piel.

K ASIO 02 $4s^1$	20 Ca CALCIO 40,08 2 8-2 1,55 [Ar] $4s^2$	21 Sc ESCANDIO 44,956 3 9-2 3,0 [Ar] $3d^1$ $4s^2$
Rb IDIO 7 $5s^1$	38 Sr ESTRONCIO 87,62 2 8-2 2,6 [Kr] $5s^2$	39 Y ITRIO 88,905 3 9-2 4,47 [Kr] $4d^1$ $5s^2$
Cs IO 905 -1 $6s^1$	56 Ba BARIO 137,34 2 18-8-2 3,5 [Xe] $6s^2$	57 La LANTANO 138,91 3 18-9-2 6,17 [Xe] $5d^1$ $6s^2$

28 Ni NÍQUEL 58,71 2,3 16-2 8,9 [Ar] $3d^8$ $4s^2$	29 Cu COBRE 63,54 2,1 18-1 8,96 [Ar] $3d^{10}$ $4s^1$	30 Zn CINC 65,37 2 18-2 7,14 [Ar] $3d^{10}$ $4s^2$
46 Pd PALADIO 106,4 2,4 18 12,0 [Kr] $4d^{10}$	47 Ag PLATA 107,870 1 18-1 10,5 [Kr] $4d^{10}$ $5s^1$	48 Cd CADMIO 112,40 2 18-2 8,65 [Kr] $4d^{10}$ $5s^2$
78 Pt PLATINO 195,09 2,4 32-17-1 21,4 [Xe] $4f^{14}$ $5d^9$ $6s^1$	79 Au ORO 196,967 3,1 32-18-1 19,3 [Xe] $4f^{14}$ $5d^{10}$ $6s^1$	80 Hg MERCURIO 200,59 2,1 32-18-2 13,6 [Xe] $4f^{14}$ $5d^{10}$ $6s^2$

Observó que este "aire" avivaba las llamas y provocaba una sensación de ligereza y ebriedad, que le hizo pensar si algún día no se convertiría en "un artículo de lujo". De hecho, Priestley se dio cuenta de la importancia de lo que estaba haciendo, porque escribió: "Una de las pocas máximas indiscutidas en la filosofía es la que dice que el aire es una sustancia simple y elemental, tanto como se supone que lo es el agua. Sin embargo, he llegado a la conclusión de que el aire no es inalterable." Contó su descubrimiento durante una cena en París, compartida por Lavoisier. El francés repitió las experiencias y llegó a la conclusión de que el mercurio calcinado era la unión del mercurio con el "aire activo". Más tarde, comenzaría a llamarlo oxígeno.

EL CAÑON DE RUMFORD

Benjamin Thompson, conde de Rumford, debe ser el único noble alemán nacido en Massachussetts. Era un realista de Concord, que trabajó como espía contra Washington; la corona británica lo hizo caballero y terminó trabajando al servicio del Elector de Baviera, donde hizo mucho por difundir la máquina a vapor.

En 1798 dirigía un arsenal. Los cañones se hacían entonces torneando un cilindro de bronce y perforándolo con un taladro movido por caballos. Durante la perforación el metal alcanzaba altas temperaturas, aunque sumando el peso de las virutas y del cañón terminado no se notaban diferencias.

Esto era todo lo contrario de lo que decía la teoría. ¿De dónde salía tanto flogisto si el cuerpo no perdía masa? A Rumford se le ocurrió que quizás el calor no fuera una sustancia sino el resultado de la fricción; hoy diríamos, la transformación del movimiento en otra forma de energía. Quizás, en su infancia americana Rumford habría visto a los indios encendiendo fuego con dos palitos.

Para probarlo mandó usar mechas gastadas, que recalentaban aún más, y logró hacer hervir el agua en la cual estaban sumergidas las piezas. Dejó constancia del asombro que había provocado al producir calor sin encender fuego y no dejó de notar que, "si aspiraba a ser un filósofo serio, tenía que haber ocultado el descubrimiento".

MENDELEIEV Y DESPUES

En 1789 Lavoisier ya había elaborado una lista de 60 "sustancias reales". Luego, Dalton hizo renacer la hipótesis atómica. Los elementos habían proliferado y se hacía necesario poner alguna racionalidad en la maraña de descubrimientos empíricos.

Quienes lo hicieron, como señaló alguna vez Mario Bunge, venían de países pobres y atrasados, en la periferia del mundo europeo. Eran gente como los italianos Avogadro y Cannizzaro y el ruso Mendeleiev. Descubrieron que los elementos tenían una lógica interna de creciente complejidad y que "sus propiedades eran las de los números".

El artífice de la tabla periódica fue Dimitri Ivanovich Mendeleiev. Venía nada menos que de Siberia. Tenía 16 hermanos y una familia perseguida por la desgracia; le habían negado el ingreso a varias universidades, condenándolo a trabajar durante años como maestro.

En 1871 logró ordenar los pesos atómicos de los 63 elementos conocidos en una secuencia periódica. La tabla de Mendeleiev resultó una hipótesis de enorme fecundidad: los elementos que aún no habían sido descubiertos, comenzando por los gases raros; los isótopos y los elementos recientemente sintetizados encajaban en ella.

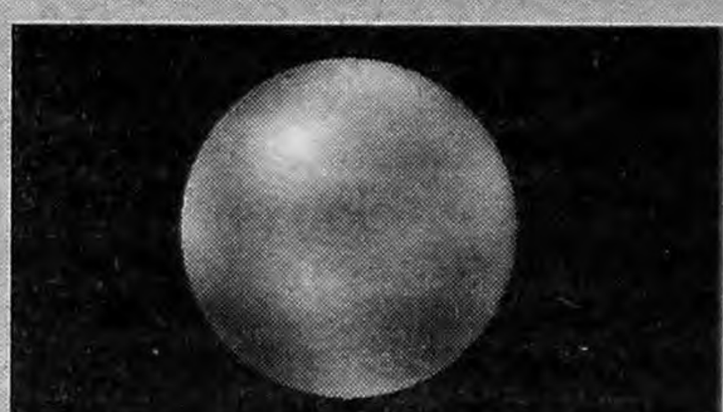
Desde la intuición del viejo Tales, la física ha crecido en complejidad, y aunque algunos quieran decretar su fin, siempre descubre nuevas fronteras. Mirando atrás, se aprecia esa *aventura del pensamiento* de la que hablaba Einstein.

NOVEDADES EN CIENCIA

EL ABUELO DE LAS AVES

Science Según parece, un fósil descubierto hace más de treinta años sería la llave para resolver el enigma del origen de las aves. Durante los últimos años, los científicos han propuesto dos teorías sobre este tema: la primera dice que las aves descienden directamente de los dinosaurios. Y la segunda sugiere que ambos evolucionaron a partir de un grupo reptiliano en común, el de los arqueosaurios. Y bien, ahora la balanza se estaría inclinando a favor de este segundo modelo. El año pasado, en Kansas, durante la Exhibición Itinerante de Fósiles Rusos –que hace poco pasó por la Argentina–, los paleontólogos norteamericanos John Ruben y Terry Jones de la Universidad de Oregón tuvieron la chance de estudiar un fósil de *Longisquama insignis*, descubierto en 1969 en lo que alguna vez fue la república soviética de Kyrgyzstan. Los *Longisquama insignis* eran unos reptiles del tamaño de un lagarto y vivieron en Asia central hace 220 millones de años. A partir de ciertas características del fósil, muchos paleontólogos creían que estos animales tenían unos largos apéndices –ocho pares en total– hechos de escamas. Sin embargo, después de examinarlo cuidadosamente, Ruben y Terry arribaron a una conclusión sorprendente: esas estructuras serían plumas y no escamas. Y por si eso fuera poco, "sus dientes, estructura pectoral, cuello y cráneo también son similares a los de las aves", dice Jones. En definitiva, el estudio de estos investigadores, recientemente publicado, no sólo indica que el *Longisquama* habría sido el abuelo de todas las aves –destronando al famoso *Archaeopteryx*, mucho más reciente–, sino que también, confirmaría que todas ellas descienden de un grupo de reptiles anterior a los dinosaurios.

PLUTON: LA POLEMICA CONTINUA



SKY & TELESCOPE Desde todo punto de vista, Plutón es un cuerpo fronterizo. Y para muchos astrónomos, su status de planeta es cuestionable: es muy chico, su órbita es extravagante y, tal como se ha descubierto en los últimos años, habita una zona del Sistema Solar poblada de una enorme familia de objetos menores –llamados transneptunianos– que podrían ser sus parientes. Aunque el año pasado la Unión Astronómica Internacional (IAU, su sigla en inglés) confirmó su etiqueta de planeta, muchos científicos no quedaron conformes. Uno de ellos es Brian Mardsen, la autoridad máxima del Centro de Planetas Menores (léase asteroides y afines) de la mismísima IAU. Hace poco, durante el último encuentro de esta entidad –celebrado en Manchester, Inglaterra– Marsden reunió informalmente a un centenar de astrónomos planetarios y les preguntó si Plutón debía ser considerado como un planeta, como un objeto transneptuniano, o ambas cosas. Y más de la mitad eligió esta última opción, una suerte de doble ciudadanía. "Una clasificación dual es la mejor forma para tratar estos casos fronterizos", dijo Michael A'Hearn, un astrónomo de la Universidad de Maryland, Estados Unidos. Pero Alan Stern, verdadero experto en Plutón, se opone a este planteo un tanto acomodaticio: "Es como preguntar si Michael A'Hearn es un ser humano o un norteamericano: una cosa es su origen y la otra, su localización". A setenta años de su descubrimiento, la polémica sobre Plutón continúa.

LIBROS Y PUBLICACIONES

ADEF. REVISTA DE FILOSOFIA
Vol. XV
Número 1
Esteban Mizrahi (Director)
161 páginas



Adef cumple con todos los requisitos formales de un buena revista orgánica, en este caso del ámbito de la filosofía: esgrime un consejo asesor y directivo integrado por destacadas personalidades de universidades nacionales e internacionales, presenta una serie de artículos interesantes y notas publicadas con sus respectivos *abstracts* en inglés, y además está bien nutrida de reseñas bibliográficas de interés en la materia.
Pero *Adef* es también una revista con vocación histórica que busca recuperar la posta de la *Revista de Filosofía*. Representa un cambio de manos y una saludable renovación. Por otro lado, la renovación va acompañada de continuidad: buena parte de quienes figuran en el consejo asesor de *Adef*, así como su director, Esteban Mizrahi, participaron de la *Revista de Filosofía*.
En sintonía con la propuesta de recuperar una óptica comprometida con la realidad, en este primer número es central el dossier *Filosofía académica y esfera pública en la Argentina*, en el que se debate el papel y el lugar del pensamiento argentino y la filosofía en la vida pública del país, con la participación de A.R. Porratti, E. Marí, Dardo Scavino, Horacio González, Samuel Cabanchik y Adriana Arpini. El producto final resulta revelador. Ante la cuestión central –la incidencia de la filosofía *académica* en el ámbito *extra académico*–, hay posiciones encontradas. Y si bien en la voz de algunos prevalece el ejercicio crítico –y autocrítico– puede leerse también la opinión de quien recoge el problema de forma sintomática preguntándose por el *significado de los términos*, modus operandi regular que campea en la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires y que tiene no poca responsabilidad en torno a las cuestiones que originan el debate *académico-extra académico*. Entonces, debate hay y quizás allí se encuentre la punta para salir del atolladero: leer, producir, comunicar. En este sentido, *Adef* se transforma en un órgano de difusión filosófica a tener en cuenta. **F.M.**

ARTE Y CIENCIA

Los ojos del David

POR MARIANO RIBAS

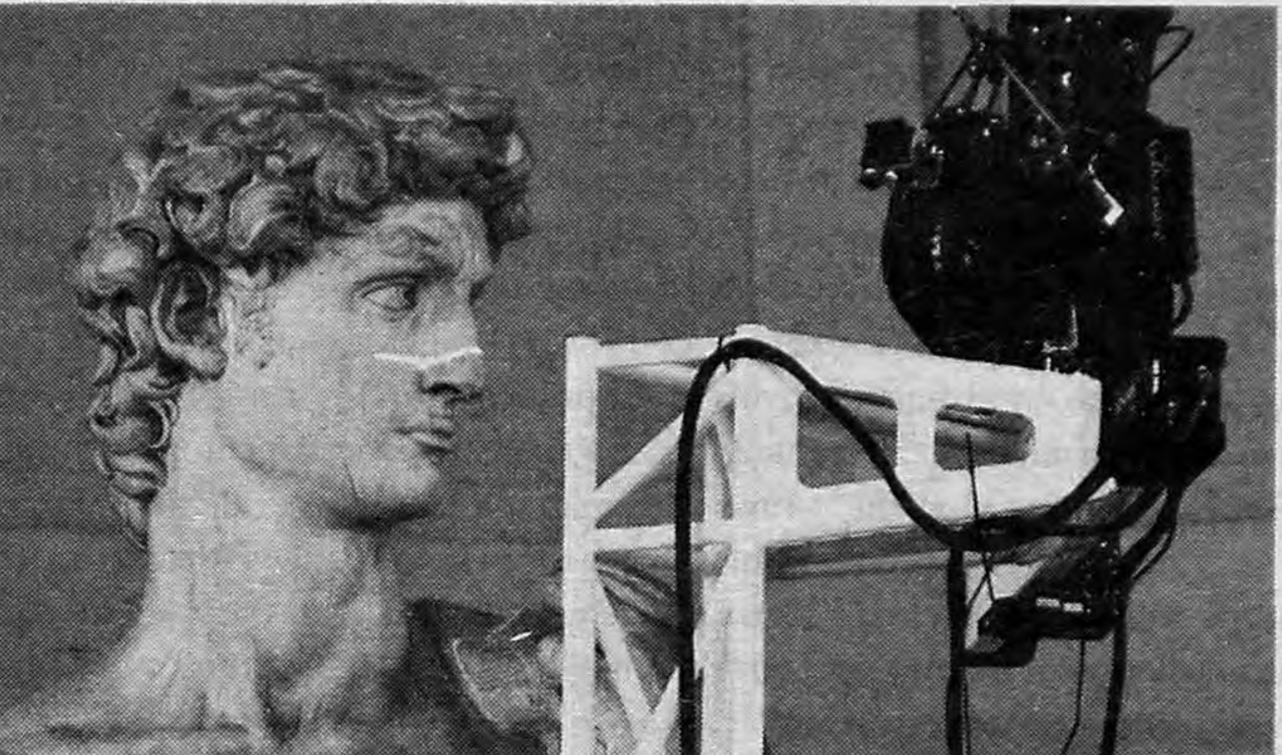
Es una de las esculturas más espléndidas de todos los tiempos. Sin embargo, durante siglos y siglos, este gigante supo esconder un pequeño defecto, o más que defecto, un ingenioso truco de su creador, el siempre genial Miguel Angel, que sabía muy bien lo que estaba haciendo. Todavía no vamos a revelar la incógnita, pero sí podemos decir algo más: es curioso que algo así haya pasado desapercibido durante tanto tiempo. Y tan o más curiosa es la manera en que, ahora, finalmente, este secreto ha salido a la luz. Veamos entonces qué ocultaba, desde lo alto, el extraordinario David.

ESCANEANDO ESCULTURAS

El año pasado, Marc Levoy, un investigador norteamericano de la Universidad de Stanford, reunió a una veintena de técnicos y todos juntos viajaron a Florencia. No era un paseo, sino que Levoy y los suyos querían obtener imágenes computarizadas (tridimensionales y ultradetalladas) de unas cuantas esculturas italianas, especialmente, de la época del Renacimiento. Y para eso llevaban, entre otras cosas, un sofisticado scanner láser. Una vez en Florencia, la troupe se dirigió directamente a la famosa Galleria dell' Accademia, la actual morada de unas cuantas joyas renacentistas, entre ellas, claro, el *David* de Miguel Angel. La tarea comenzó sin problemas y seguía más o menos una misma rutina: mientras algunos se ocupaban de escanear cuidadosamente a las esculturas, otros trabajaban en un improvisado laboratorio con varias computadoras, procesando la información obtenida y generando las ansiadas imágenes. Todo bajo la batuta de Levoy. Pasaron los días y finalmente llegó el turno de David.

ROSTRO OCULTO

La cosa no era sencilla. Por empezar, tuvieron que remover los enormes –y pesadísimos– vidrios que protegen a la estatua. Luego, armaron un andamiaje bastante alto, porque para hacer un buen trabajo, primero había que quitarle todo el polvo. Finalmente, cuando *David* lucía impecable, Levoy y su equipo prepararon el enorme scanner. Pero claro, *David* es enorme, y encima, está montado sobre una base. Por lo tanto, hacía falta un mástil para que el scanner pudiese recorrerlo de pies a cabeza. Y aquí vino la primera sorpresita, un aperitivo de la gran sorpresa: según la guía de la Academia –y muchos libros de arte–, la escultura mide 4,3 metros de altura. Pero cuando Levoy armó el mástil, siguiendo ese dato, se quedó corto y tuvo que agregarle un metro extra: en realidad, *David* mide 5,20 metros. Y si a esto se le suma su base, otro metro y medio, resulta que su cabeza está a 6,7 metros del suelo. Encima, el gigante tiene su mano izquierda levantada, lo que complica aún más la vista desde abajo. Por todo esto, nadie puede –ni pudo nunca– ver de frente el rostro del *David*, que sólo ofrece excelentes perfiles. Y ahí está la clave de toda esta historia.



POR SIGLOS, EL DAVID DE MIGUEL ANGEL ESCONDIO UN SECRETO ENTRE SUS OJOS

LA REVELACION DEL SCANNER

A casi siete metros de altura, y a sólo noventa centímetros de distancia, el superscanner de Levoy tenía una vista inmejorable del esquivo rostro. Y así, obtuvo un primer plano nunca visto en los libros de arte. De entrada, las imágenes revelaron detalles que escapan al observador normal, como las incontables marcas y hoyuelos provocados por el paso de los siglos. O los exagerados rebordes que Miguel Angel utilizó para enfatizar el límite entre los labios y la cara. Pero la gran sorpresa, la verdadera sorpresa, estaba sus ojos: *David* es estrábico. Y no hay vuelta que darle: "La dirección de la mirada de sus ojos realmente diverge", dice Levoy. Pero ¿cómo puede ser que a Miguel Angel se le haya pasado semejante detalle? ¿Una estatua perfecta con ojos bizcos? Parece raro, pero habría una explicación.

UN TRUCO MAESTRO

Según Levoy, Miguel Angel lo hizo a propósito. Y su opinión coincide con la de muchos expertos en arte renacentista. Originalmente, el *David* estaba al aire libre, en la escalinata del Palacio della Signoria, en Florencia. Y al parecer, Miguel Angel lo diseñó para ser observado desde los costados, y no de frente. Por eso, habría optimizado cada ojo para dar el perfil más perfecto posible desde cada lado. Y el precio de estos perfiles perfectos fue un ligero desvío entre uno y otro ojo: estrabismo. No le quedó otra. Levoy sospecha que Miguel Angel quiso disimular este defecto, y que por eso levantó uno de los brazos de David, para bloquear una buena vista de frente: "Es un típico truco de Miguel Angel", dice el investigador de Stanford. Ahora, el secreto de los ojos de David ya no es tal. E incluso, las sorprendentes imágenes obtenidas por el equipo de Levoy ya están en Internet: búsquelas en **http://graphics.stanford.edu/projects/mich/david**. De todos modos, y hablando de ojos, el truco de Miguel Angel parece un guiño a través del tiempo. Una picardía genial.

FINAL DE JUEGO

donde el comisario inspector y los filósofos, en busca del rastro de la electrodisipadora, tropiezan con el enigma de los dos palos.

POR LEONARDO MOLEDO

"Este asunto de las cajas y las puertas me tiene desencajado." "Y los lectores siguen protestando: nos van a sacar con cajas destempladas." "Porque este asunto de las cajas cierra las puertas de la narración." "Y el matemático está muerto." "Eso no encaja." "Cerremos las puertas al asunto de las cajas." "Aclaremos el asunto..."

Estas cosas murmuraban el comisario inspector y los filósofos.

–Volvamos, y por última vez, al problema –dijo el comisario inspector–. Los que estén cansados pueden saltear este párrafo. Bien. Yo tengo tres cajas, A, B y C; dentro de una de ellas está el premio o el cadáver y ustedes pueden elegir. Putnam elige la caja A, y entonces yo abro la B, le muestro que está vacía y le ofrezco cambiar. Los lectores sostienen que, puesto que la B está abierta y vacía, da lo mismo, y yo sostengo que conviene cambiarlas. Para terminar con la cuestión, simplifiquemos y digamos lo siguiente: la probabilidad de que el premio esté en A es 1/3 y la de que no esté en A es dos tercios. Como yo sí sé dónde está el premio, abro, de las dos cajas no elegidas, la que está vacía y las cosas no cambian (*siempre* puedo hacerlo, porque yo sé dónde está el premio y por eso siempre puedo abrir una caja que está vacía). Es verdad que las cosas serían diferentes si yo *no* supiera dónde está el premio, y allí admito que, en cierto modo, no haberlo dicho explícitamente, fue una especie de trampita por omisión.

–Y con esto damos la caja por cerrada.

–Sí –dijo el comisario inspector–. Y ahora quiero plantearles otro pequeño enigma, pero antes, les leo una carta de Julián:

"En el último FINAL DE JUEGO preguntan qué pueden ser las electrodisipadoras. Mi respuesta no es muy científica, pero bueno: las electrodisipadoras hacen que el objeto creado tenga su último toque y además da energía a las máquinas. (..) El último toque (los últimos toques) es sacarle toda la energía eléctrica del artefacto y cargarle la exacta (...) que se transmite a las máquinas, ahorrando mucha electricidad y no usando la que tanto escasea. Si no fuese por la electrodisipadora la electricidad se hubiese acabado para siempre, ¿me equivoco?". –¿Se equivoca? –preguntó el comisario inspector.

–Se equivoca –dijo Avelino Andrade, el sindicalista combativo–. Y hasta me ofende que alguien piense que una electrodisipadora es un simple artefacto para ahorrar electricidad. El concepto es otro, y nadie que la haya visto...

Pero entonces llegaron varios coches de la policía de los que descendieron detectives con equipos de huellas digitales, forenses y demás que empezaban a trabajar sobre el cadáver matemático, lo cual, como era de esperar, hizo que el comisario inspector se desinteresara por completo del asunto y prestara atención a la observación de Kuhn, que recordó que habían quedado en ir a ver al anticuario de San Telmo. –El que le vendió la electrodisipadora al embajador de Inglaterra –dijo Kuhn.

El comisario inspector se adhirió de inmediato. –Vamos –dijo–.

Y emprendieron el camino, pero hete aquí que a poco de andar se encontraron con un hombre sentado en una plaza, con aire consternado –como suelen tener quienes están sentados solos en una plaza– y que miraba con aire de duda dos palos de madera.

–Esta situación me recuerda el enigma de los dos palos que hace tiempo envió Claudio H. Sánchez –dijo el comisario inspector–. Tenemos dos palos que, al prenderle fuego por un extremo, se consumen en una hora. ¿Cómo podemos medir tres cuartos de hora con dos palos? No es posible medir los palos para hacer graduaciones intermedias.

–¡Ese es justamente mi problema! –dijo entonces el hombre de la plaza–. Por lo visto, soy el enigma corporizado.

–Esas cosas ocurren –dijo, condescendiente, el comisario inspector.

¿Qué piensan nuestros lectores? ¿Cómo se puede medir tres cuartos de hora con los dos palos? ¿Es más o menos cómodo que medirlos con un reloj? ¿Qué les espera al comisario inspector y los filósofos en San Telmo? ¿Encontrarán la electrodisipadora y el hilo de la trama?

AGENDA CIENTIFICA

CIENCIA, SOCIEDAD Y CULTURA

Desde el 19 de setiembre se llevará a cabo el curso de posgrado *Ciencia, sociedad y cultura: bases y rupturas del conocimiento científico contemporáneo*, a cargo de Leonardo Moledo y organizado por la Secretaría de Posgrado de la Facultad de Ciencias Sociales de la UBA. Con una duración de 20 horas, en 5 clases, el curso abordará distintos aspectos de la sociología y la filosofía de la ciencia; el análisis de los momentos de establecimiento y ruptura de las concepciones clásicas en física, química, biología y cosmología; la relación entre la ciencia, la sociedad y el sentido común y las incertidumbres del conglomerado científico en la actualidad. Informes: Secretaría de Posgrado de la Facultad de Ciencias Sociales (UBA), M. T. de Alvear 2230, primer piso, tel. 4508-3800, int. 112.

LA CHARLA DE LOS VIERNES

La voz humana es el título de la próxima Charla de los viernes que se desarrollará el próximo 8 a las 18.00 hs y estará a cargo de Gabriel Mindlin, Profesor del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires. La cita es en el Pabellón II, aula seis, Ciudad Universitaria.